

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 1 0 1 3 2 4

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 4 月 1 6 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G02B 6/32

3/00

5/28

27/30

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 1 7 1 5 1 7  
(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 6 月 1 4 日  
(31) 優先権主張番号 特願平 6 - 2 0 2 7 6 7  
(32) 優先日 平 6 (1994) 8 月 4 日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

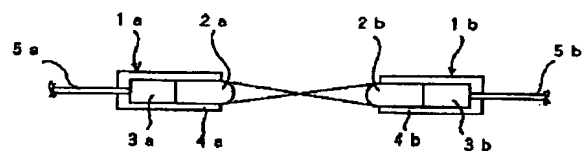
(71) 出願人 0 0 0 0 3 1 0 4  
東洋通信機株式会社  
神奈川県高座郡寒川町小谷 2 丁目 1 番 1 号  
(72) 発明者 松村 文雄  
神奈川県高座郡寒川町小谷 2 丁目 1 番 1 号  
東洋通信機株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 鈴木 均

(54) 【発明の名称】 微小化ビーム光結合器

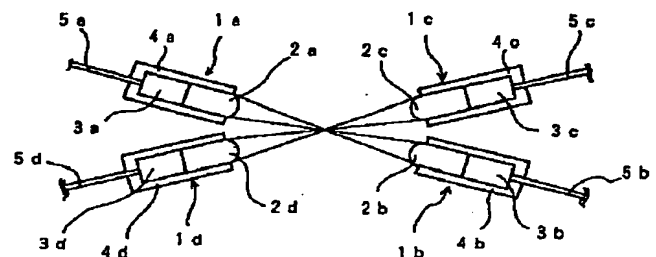
(57) 【要約】

【目的】 10 mm 以上のレンズ間距離の確保し、ビーム径が 50  $\mu$ m 以下の収束の達成、及び 2 波長において同時に 1.5 dB 以下の結合損失を実現することができる光ビーム結合器を提供する。

【構成】 微小化ビーム光結合器は、先球加工された屈折率分布自己収束レンズと、シングルモード光ファイバとを有し、前記レンズより出射する光ビームが収束ビームとなる構造を有する光ファイバコリメータが一對若しくは複数対、対向する。



(a)



(b)

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 先球加工された屈折率分布自己収束レンズと、シングルモード光ファイバとを有し、前記レンズより出射する光ビームが収束ビームとなる構造を有する光ファイバコリメータが一對若しくは複数対、対向したことを特徴とする微小化ビーム光結合器。

【請求項 2】 上記微小化ビーム光結合器において、レンズ間の距離が 1 0 mm 以下且つ該レンズ間における最小光ビーム径が 5 0  $\mu$  m 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の微小化ビーム光結合器。

【請求項 3】 上記微小化ビーム光結合器において、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に一枚の基板の平面内に複数の異なる特性を有する光フィルタを配置したことを特徴とする請求項 1 記載の微小化ビーム光結合器。

【請求項 4】 上記微小化ビーム光結合器において、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に液晶基板を配置したことを特徴とする請求項 1 記載の微小化ビーム光結合器。

【請求項 5】 上記微小化ビーム光結合器において、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に光ビームの通過位置により連続的に波長特性が変化する光フィルタを配置したことを特徴とする請求項 1 記載の微小化ビーム光結合器。

【請求項 6】 上記微小化ビーム光結合器において、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に液晶と誘電体若しくは金属蒸着膜の組み合わせにより構成した波長可変なバンドパス光フィルタを配置したことを特徴とする請求項 1 記載の微小化ビーム光結合器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は光結合器に関し、特に光ファイバへの結合損失が少ない微小化ビーム光結合器の構成に関する。

## 【0 0 0 2】

【従来技術】 従来から光ファイバ間において 2 個のレンズを用い、光の結合を行う光結合器は各種の光スイッチや光方向性結合器及び光合波分波器等を構成する要素回路として用いられている。上記の各種の要素回路のうち、例えば音響光学変調素子を用いた光スイッチング部品においては、光のスイッチングスピードを速くするために、レンズにより音響光学変調素子媒体内における光ビーム径を絞り込む方法が採用されている。また、光ファイバ伝送路における光ファイバの破断点を検出するための光パルス試験器においても、前述の音響光学変調素子が光ファイバとレンズを用い光ファイバレンズ結合径の間に挿入された光スイッチが一部使用されている。

【0 0 0 3】 図 9 は従来用いられていた光スイッチの一例を示した図であって、図示しないレーザーダイオードより出射した光パルスは光ファイバコリメータ 7 1 の

レンズ 7 3 を介して平行光に変換され、音響光学結晶 7 5 に入射し、被測定物である光ファイバ伝送路 7 7 に接続された光ファイバコリメータ 7 9 のレンズ 8 1 により焦光し結合する。光ファイバ伝送路 7 7 上の破断点及び光ファイバコリメータ 7 9 と該伝送路 7 7 との接続点からの反射光は、再び音響光学結晶 7 5 に入射し、この際、前記音響光学結晶 7 5 の端面に設けられたトランジェンサ 8 3 の下地電極 8 5 と上部電極 8 7 とに高周波電源 8 9 からの信号を印加することにより、トランスジェンサ 8 3 から超音波が音響光学結晶 7 5 に伝達し、該超音波振動により音響光学結晶 7 5 内に屈折率差による回折格子を発生せしめ、前記光ファイバコリメータ 7 9 からの反射光は回折し、光ファイバコリメータ 9 1 と結合する。一般に、前記光ファイバコリメータ 9 1 はアバランシュフォトダイオードに接続されており、光ファイバ伝送路 7 7 の破断点からの反射光である受光信号は光電変換により電気信号として出力され、破断点の存在及びその部位を探知することができる。

【0 0 0 4】 しかしながら、従来の光ファイバレンズ結合系においては、レンズとして単一のレンズが使用されているため、広帯域な波長に対して低損失な光ファイバレンズ結合系を構成することが極めて困難であると共に、スイッチングスピードを向上させるために光ビーム径を極端に小さくすると光ファイバへの結合損失が大きくなり易いという問題点があった。また、一般には音響光学結晶 7 5 内の光ビーム径は 1 mm ~ 0. 1 mm 程度の範囲でしか微小化することができなかった。

【0 0 0 5】 従来提案されている光ファイバコリメータとしては、例えば特公昭 6 0 - 5 7 5 6 4 号公報や特開平 2 - 1 2 4 5 0 2 号公報によって開示されたものがあり、これらの公報によって開示されたものにはレンズとして球レンズを使用しているため、球面収差及び色収差が比較的大きく、光ファイバとしてシングルモード光ファイバを使用した場合、例えば 1. 3 1  $\mu$  m と 1. 5 5  $\mu$  m の 2 波長において低損失の光結合器を実現することはきわめて困難であった。

【0 0 0 6】 更に、特開昭 6 2 - 2 0 6 5 0 4 号公報には、光ファイバの先端を先球加工して対向させる光結合器の構成が開示されているが、シングルモード光ファイバのコア径が 5 ~ 1 0  $\mu$  m の大きさしかないので、先球光ファイバ間の距離を 1 0 mm 以上取れるような光結合器の実現はビームがガウシアンビームでありビーム広がり角を持つため不可能であるという問題点があった。

【0 0 0 7】 即ち、従来提案されている様々な光結合器においては、( 1 ) 任意の光受動デバイスを実現するために必要な 1 0 mm 以上のレンズ間距離の確保、( 2 ) 超音波光変調光スイッチ等の高速光スイッチング動作を可能ならしめるためのビーム径が 5 0  $\mu$  m 以下の収束の達成、( 3 ) 1. 3 1  $\mu$  m と 1. 5 5  $\mu$  m 等の 2 波長において同時に 1. 5 d B 以下の結合損失を実現するこ

と、以上の総てを実現すること或いは満足することは不可能であった。

#### 【 0 0 0 8 】

【発明の目的】本発明は上述したような従来の問題点を除去するためになされたものであって、10mm以上のレンズ間距離の確保し、ビーム径が50 $\mu$ m以下の収束の達成、及び2波長において同時に1.5dB以下の結合損失を実現することができる光ビーム結合器を提供することを目的としている。

#### 【 0 0 0 9 】

【発明の概要】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明は、先球加工された屈折率分布自己収束レンズと、シングルモード光ファイバとを有し、前記レンズより出射する光ビームが収束ビームとなる構造を有する光ファイバコリメータが一对若しくは複数対、対向したことを特徴とする。請求項2記載の発明は、前記第一の手段に加え、レンズ間の距離が10mm以下且つ該レンズ間における最小光ビーム径が50 $\mu$ m以下であることを特徴とする。請求項3記載の発明は、前記第一の手段に加え、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に一枚の基板の平面内に複数の異なる特性を有する光フィルタを配置したことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】請求項4記載の発明は、前記第一の手段に加え、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に液晶基板を配置したことを特徴とする。請求項5記載の発明は、前記第一の手段に加え、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に光ビームの通過位置により連続的に波長特性が変化する光フィルタを配置したことを特徴とする。請求項6記載の発明は、前記第一の手段に加え、光ファイバコリメータより出射した光ビームの焦点位置に液晶と誘電体若しくは金属蒸着膜の組み合わせにより構成した波長可変なバンドパス光フィルタを配置したことを特徴とする。

#### 【 0 0 1 1 】

【実施例】以下、本発明を図面に示した実施例に基づいて詳細に説明する。図1(a)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器の一実施例を示す図であり、2対の光ファイバコリメータより構成したものである。同図において符号1a、1bは光ファイバコリメータであり、該光ファイバコリメータはそれぞれ先球屈折率分布自己収束レンズ2a、2b、ガラスロッド3a、3b、スリーブ4a、4b、光ファイバ5a、5bを一体化して構成している。光ファイバコリメータ1aと1bとは、光ファイバコリメータ1aより出射したビームが一度焦点を結び広がった後に光ファイバコリメータ1bに入射するように対称な形で対向して固定され、光結合器を構成している。図1(b)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器の他の実施例を示す図であり、光ファイバコリメータ1a~1dの4対により光結合器を構成する場合を示したものである。

【 0 0 1 2 】図2は本発明にかかる微小化ビーム結合器を音響光学変調素子を用いた光スイッチに適用した一実施例を示す図である。同図において、11a~11cは先球屈折率分布自己収束レンズ、12a~12cはガラスロッド、13a~13cは光ファイバコリメータ、14a~14cは光ファイバ、15は音響光学変調素子媒体、16はニオブ酸リチウムトランスデューサ、17は上部電極、18は下部電極、19は高周波電源である。また、音響光学変調素子媒体15と各光ファイバコリメータとの位置関係は、音響光学変調素子媒体内で回折する回折光がブラッグ条件を満足する角度となっている。

【 0 0 1 3 】このように構成した光結合器において、図示しない光源より光ファイバ14aに入射した光線は、光ファイバコリメータ13aを構成するガラスロッド12aと先球屈折率分布自己収束レンズ11aを介し、音響光学変調素子媒体15の内部に出射される。高周波電源19が非動作時には、該ビームは音響光学変調素子媒体15より発散光として出射し、先球屈折率分布自己収束レンズ11bとガラスロッド12bを介して光ファイバ14bに結合する。

【 0 0 1 4 】一方、前記高周波電源19が動作時にはニオブ酸リチウムトランスデューサ16の上部電極17と下部電極18の間に高周波電界を印加するとニオブ酸リチウムトランスデューサ16の電気音響変換作用により音響光学変調素子媒体15内に超音波による屈折率の疎密状態より成る回折格子が発生する。この回折格子により前記音響光学変調素子媒体15内の光ビームの一部が回折により出射方向が変動し、光ファイバ14cに結合する。即ち、上述した動作により光ファイバ14aから光ファイバ14cへの光ビームスイッチングが可能となる。

【 0 0 1 5 】本発明にかかる光結合器はレンズとして屈折率分布自己収束レンズを使用しているため、光ファイバコリメータ内における固定が極めて容易であり、小型のNAの大きい光ファイバコリメータを実現することができる。さらに、ロッドレンズの先端を球面加工とすることによりレンズのNAを更に大きくし、且つ非点収差を改善することができ、実効的に広帯域な波長領域で光ファイバ間の結合損失の低減が達成することができる。また、収束・発散光ビーム光学系を用いているために、音響光学変調素子内における光ビーム径の微小化も極めて自由度が大きい特徴を有す。

【 0 0 1 6 】本発明にかかる微小化ビーム光結合器の中央部に配置できる受動素子としては各種の光ファイバフィルタ素子や反射素子がある。図3は本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置することができるフィルタの構成を示した図であり、フィルタ基板30上に50 $\mu$ m角の複数の光フィルタ31a、31b、...31nを集合配置した多分割光フィルタ基板を構成した例を示す。1mm角のフィルタ基板30上に400個の特性の異なる光

フィルタ31a、31b、・・・31nを集積化し、フィルタ基板をネジ等により微小化ビーム光結合器の光軸上において機械的に移動させることにより容易に可変波長光フィルタを構成することができる。

【0017】図4(a)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置することができる液晶を用いた反射ミラー40の構成を示した図であって、41は液晶、42a、42bは透明電極、43a、43bは透明基板である。このように構成した液晶反射ミラー40を図4

(b)に示すように微小化ビーム光結合器内に挿入することにより2×2の液晶光スイッチを構成することが可能である。即ち、透明電極42a、42b間に電圧が印加されない場合には、液晶41は透明状態であり、光ファイバコリメータ1aと1b、及び光ファイバコリメータ1cと1dとの間に光スイッチの結合回路が形成される。次に、透明電極42aと42bとの間に電圧を印加すると液晶41は不透明な反射ミラーとなり光ファイバコリメータ1aと1d、及び光ファイバコリメータ1bと1cとの間に光スイッチの結合回路が形成される。液晶の部分で光ビームは20μmのレベルまで収束されているので、非常に小さな液晶素子により小型の光スイッチを構成することが可能である。また、透明電極42aと42bとの間に印加する電圧を調整することにより液晶41の透過率を任意に設定できるため、光スイッチとしてのみでなく、任意の分岐比を有する光分岐結合器を構成できる。

【0018】図5(a)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置することができる波長連続可変フィルタ51の構成を示した図であり、この波長連続可変フィルタを図5(b)に示すように微小化ビーム光結合器に挿入することにより波長可変な小型の光フィルタ及び光合波分波器を構成できる。図6(a)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置することができる液晶と金属膜を用いた波長可変なバンドパス光フィルタ60の構成を示す図である。

【0019】図において61a、61bは液晶、62a、62bは透明電極膜、63a、63bは透明基板、64は透明スペーサ基板、65a、65bは金属膜である。金属膜65aと透明電極64a、及び金属膜65bと透明電極64bとの間に電圧が印加されていない状態では金属膜65aと65bとで挟まれたスペース全体を共振キャビティーとするバンドパス光フィルタとなり、一方、金属膜65aと透明電極64a、及び金属膜65bと透明電極64bとの間に電圧を印加すると液晶61aと61bとが不透明な反射ミラーとなり、液晶61aと61bとで挟まれたスペースが共振キャビティーとなるバンドパス光フィルタが形成される。このような波長可変バンドパス光フィルタを図6(b)に示すように微小化ビーム光結合器に挿入することにより、2波長切

換可能な光フィルタを構成できる。次に先球屈折率分布自己収束レンズを用いることにより1.31μmと1.56μmの2波長において光結合器の結合損失が改善されることを光線軌跡追跡法を用いたシミュレーションによる2次元モデルの計算結果を用いて説明する。

【0020】図7(a)、(b)はそれぞれ先球屈折率分布自己収束レンズとして1.3μmの波長において、NA0.46のSLW20×0.12P(外径φ2mm、レンズピッチ0.12ピッチ)のセルフオックレンズを先端部において半径8mmの球面加工を施して使用した場合の、1.3μmと1.56μmの波長における光ファイバコリメータレンズ間距離と、光ファイバ結合損失の関係を計算したものである。

【0021】計算においては光ファイバとしてコア径10μm、クラッド径125μmのシングルモード光ファイバを用い、またガラスロッドとして長さ4.8mmの石英ガラスを想定し、光ファイバから光ファイバのNA0.1に対応する範囲で光ビームが均一に出射するものと仮定した。更にセルフオックレンズ内の屈折率分布は理想的な2乗分布とした。(a)は1.3μmの波長に対する光ファイバ結合損失を示し、(b)は1.56μmの波長に対する光ファイバ結合損失を示している。図より明らかなように、レンズ間距離1.315mmにおいて、光ファイバ結合損失0dBが達成されることが分かる。

【0022】次に本発明にかかる光結合器と性能比較のため、従来よりこのような光ファイバ結合器系で用いられているNA0.37、屈折率分布定数0.238(波長1.3μm)のSLS20×0.15P(外径2mm、レンズピッチ0.15ピッチ)のセルフオックレンズを平面研磨のまま使用した場合の1.3μmと1.56μmの2波長における光ファイバコリメータレンズと光ファイバ結合損失の関係を図8(a)及び(b)に示す。尚、このシミュレーションにおいてはガラスロッドを長さ4.5mmの石英ガラスとした以外はレンズ定数を除き全て前述の条件と同一とした。

【0023】図8(a)、(b)からは、同一のレンズ間距離ではレンズ間距離が23.9mmで1.56μmに対しては結合損失0dBが得られるが、1.3μmに対しては0.4dBの結合損失しか得られず、光ファイバ結合損失を2波長において0とすることができないことが示されている。特に1.3μmの波長に対しては前述したように0.4dB近くの損失が理想状態であるにも拘わらず発生することが判明した。

【0024】次に上述のシミュレーション結果を確認するために、図7及び図8に想定した条件の光ファイバコリメータを試作した結果について説明する。本願発明に用いる先球屈折率分布自己収束レンズを用いた光ファイバコリメータでは1.31μm及び1.55μmの2波長に対して、レンズ間距離13.5mmの位置で1.2～1.3dBの結合損失が得られた。また従来用いられ

ていた平面研磨屈折率分布自己収束レンズを用いた光ファイバコリメータにおいては $1.31\mu\text{m}$ 及び $1.55\mu\text{m}$ の2波長に対して、レンズ間距離 $24\text{mm}$ の位置で $1.7\text{dB}$ の結合損失が得られた。上記結合損失には光コネクタ接続損失 $1\text{dB}$ が含まれるため、実際のレンズ部分における結合損失は各々 $0.2\sim 0.3\text{dB}$ と $0.7\text{dB}$ 程度と考えられる。これにより、先球屈折率分布自己収束レンズを光ファイバコリメータに用いることにより、微小化ビーム光結合器の結合損失を広帯域の波長領域で改善できることが確認された。

#### 【0025】

【発明の効果】上述したように、本発明にかかる微小化ビーム光結合器はシングルモード光ファイバと先球屈折率分布自己収束レンズとを組み合わせた光ファイバコリメータを用いた光結合器を構成するので、光ビーム径を $50\mu\text{m}$ 以下に収束せしめ、且つ広帯域な波長領域で結合損失が小さい微小化ビーム光結合器を実現することができ、高速の音響光学変調光スイッチや小型多機能な光フィルタ或いは光合波分波器等を構成する上で優れた効果を発揮する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器の一実施例を示す図、(b)は本発明にかかる微小化ビーム光結合器の他の実施例を示す図。

【図2】本発明にかかる微小化ビーム光結合器を音響光学変調素子を用いた光スイッチに適用した一実施例を示す図。

【図3】本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置することができるフィルタの構成を示した図。

【図4】(a)は液晶を用いた反射ミラーの構成を示した図、(b)は反射ミラーを本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置した図。

【図5】(a)は波長連続可変フィルタの構成を示した図、(b)は波長連続可変フィルタを本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置した図。

【図6】(a)は液晶と金属膜を用いた波長可変なバンドパス光フィルタの構成を示す図、(b)はバンドパス光フィルタを本発明にかかる微小化ビーム光結合器に配置した図。

【図7】(a)は本発明にかかる微小化ビーム結合器の $1.3\mu\text{m}$ 波長における光ファイバコリメータレンズ間距離と、光ファイバ結合損失の関係を計算した図。

(b)は本発明にかかる微小化ビーム結合器の $1.56\mu\text{m}$ 波長における光ファイバコリメータレンズ間距離と、光ファイバ結合損失の関係を計算した図。

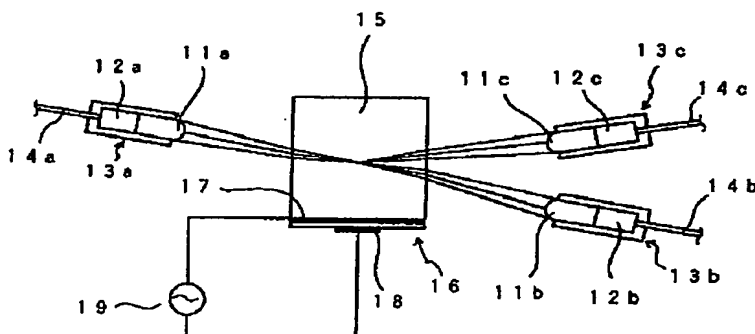
【図8】(a)は従来の光ビーム結合器の $1.3\mu\text{m}$ 波長における光ファイバコリメータレンズ間距離と、光ファイバ結合損失の関係を計算した図。(b)は従来の光ビーム結合器の $1.56\mu\text{m}$ 波長における光ファイバコリメータレンズ間距離と、光ファイバ結合損失の関係を計算した図。

20 【図9】従来用いられていた光スイッチの一例を示した図。

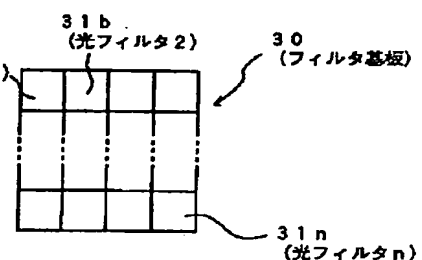
#### 【符号の説明】

- 11a～11c・・・先球屈折率分布自己収束ロッドレンズ、
- 12a～12c・・・ガラスロッド、
- 13a～13c・・・光ファイバコリメータ、
- 14a～14c・・・光ファイバ、
- 15・・・音響光学変調素子媒体、
- 16・・・ニオブ酸リチウムトランスデューサ、
- 17・・・上部電極、
- 18・・・下部電極、
- 19・・・高周波電源。

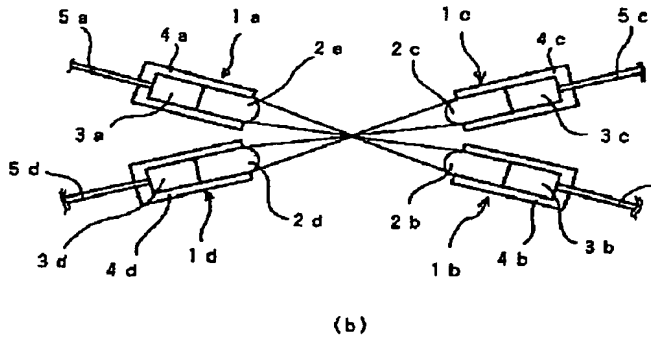
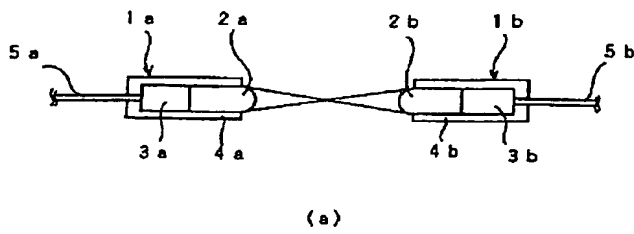
【図2】



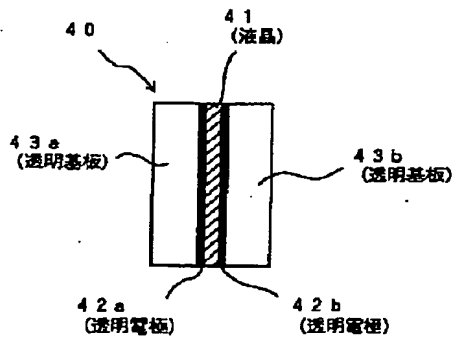
【図3】



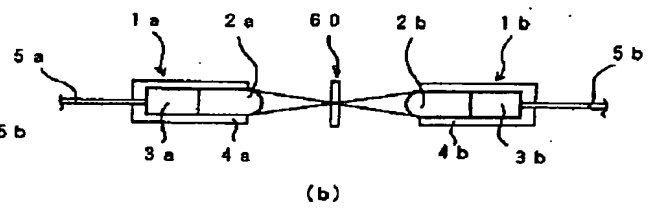
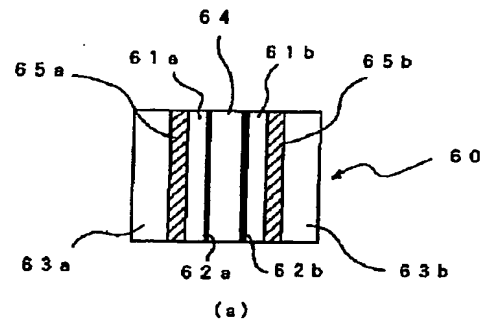
【図 1】



【図 4】

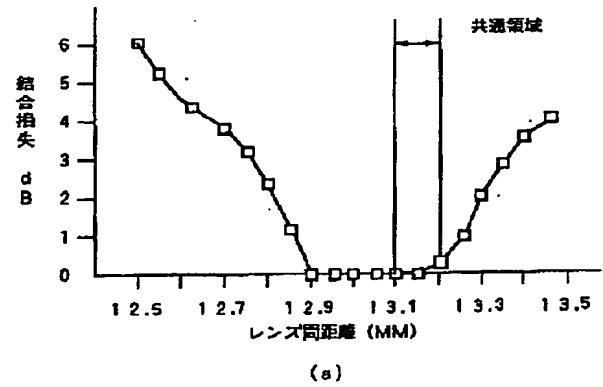


【図 6】

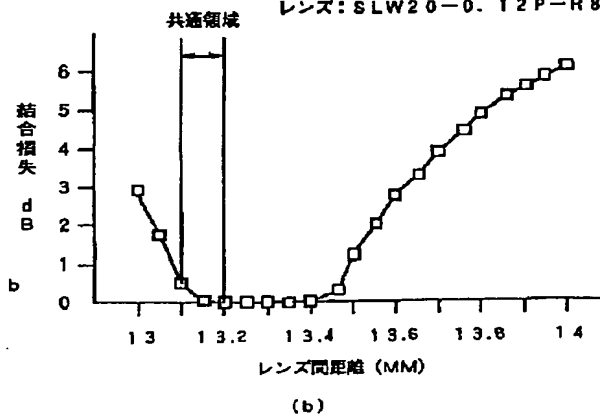


【図 7】

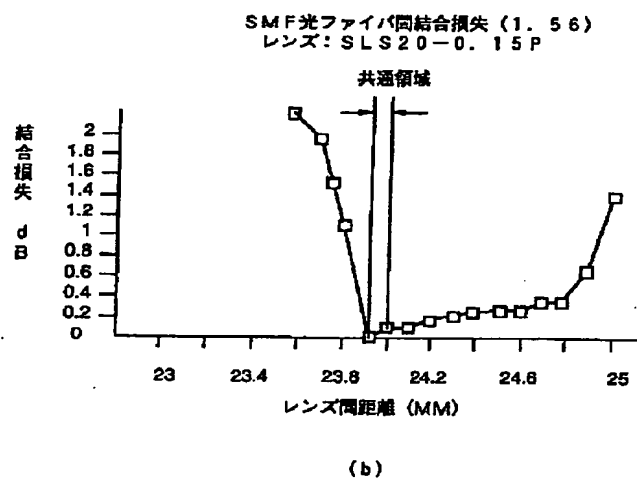
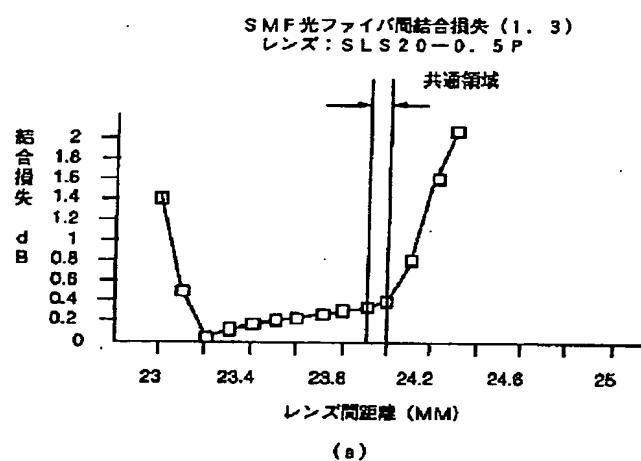
SMF 光ファイバ間結合損失 (1. 3)  
 レンズ: SLW20-0.12P-R8



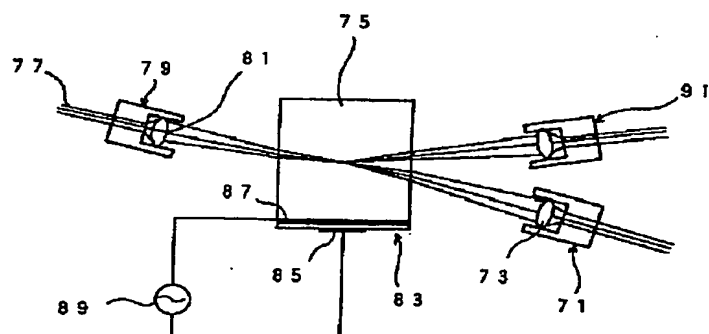
SMF 光ファイバ間結合損失 (1. 56)  
 レンズ: SLW20-0.12P-R8



【圖 8】



【图 9】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-101324

(43)Date of publication of application : 16.04.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/32

G02B 3/00

G02B 5/28

G02B 27/30

(21)Application number : 07-171517

(71)Applicant : TOYO COMMUN EQUIP CO LTD

(22)Date of filing : 14.06.1995

(72)Inventor : MATSUMURA FUMIO

(30)Priority

Priority number : 06202767

Priority date : 04.08.1994

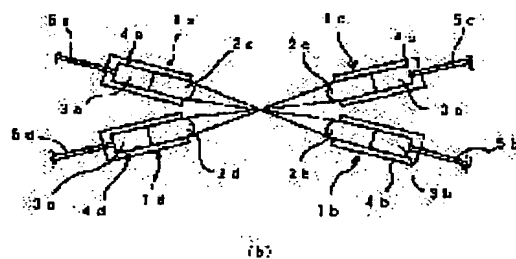
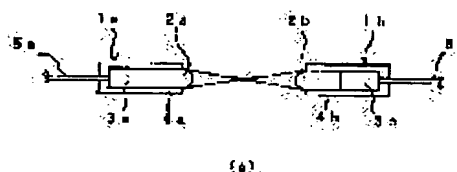
Priority country : JP

## (54) MICROMINIATURIZED BEAM OPTICAL COUPLER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a microminiaturized beam coupler which is microminiaturized in light beam diameter and is small in coupling loss in a wavelength region of a wide band by constituting the optical coupler by using optical fiber collimators combined with single mode optical fibers and spherically ended distributed refractive index self-converging lenses.

**CONSTITUTION:** The optical fiber collimators 1a, 1b are respectively composed by integrating the spherically ended distributed refractive index self-converging lenses 2a, 2b, glass rods 3a, 3b, sleeves 4a, 4b and the optical fibers 5a, 5b. The optical fiber collimators 1a and 1b are fixed to face each other in a symmetrical form in such a manner that the beam emitted from the optical fiber collimator 1a focuses once and is then made incident on the optical fiber collimator 1b after spreading. The distance between the lenses is set at  $\leq 10\text{mm}$  and the min. light beam diameter between the lenses is set at  $\leq 50\mu\text{m}$ . Plural optical filters having different characteristics are arranged within the plane of one sheet of the substrate at the focal position of the emitted light beam.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]



[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office